

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004年4月8日 (08.04.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/030076 A1

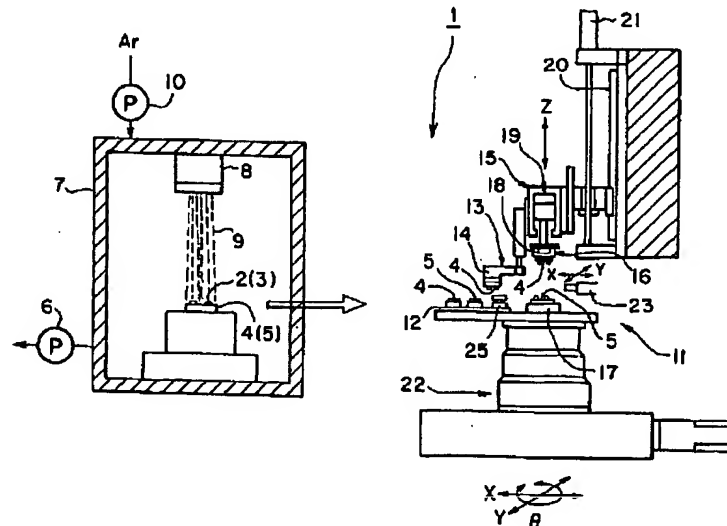
- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H01L 21/60, B23K 20/24, H05K 3/34  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/012070  
(22) 国際出願日: 2003年9月22日 (22.09.2003)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(30) 優先権データ:  
特願2002-276986 2002年9月24日 (24.09.2002) JP  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東レエンジニアリング株式会社 (TORAY ENGINEERING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒530-8222 大阪府大阪市北区中之島三丁目3番3号 (中之島三井ビルディング) Osaka (JP). 沖電気工業株式会社 (OKI ELECTRIC

INDUSTRY CO., LTD.) [JP/JP]; 〒105-8460 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 Tokyo (JP). 三洋電機株式会社 (SANYO ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒570-8677 大阪府守口市京阪本通2丁目6番5号 Osaka (JP). シャープ株式会社 (SHARP KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒545-8522 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号 Osaka (JP). ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 Tokyo (JP). 株式会社東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒105-8001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 Tokyo (JP). 株式会社日立製作所 (HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒101-8010 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地 Tokyo (JP). 富士通株式会社 (FUJITSU LIMITED) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田

(続葉有)

(54) Title: BONDING DEVICE AND METHOD

(54) 発明の名称: 接合装置および方法



(57) Abstract: A device and method for bonding objects to be bonded each having a metal bonding portion on a base, comprising cleaning means for exposing the metal bonding portions to a plasma having an energy enough to etch the surface of the metal bonding portions to a depth of 1.6 nm over the entire surfaces of the metal bonding portions under a reduced pressure and bonding means for bonding the metal bonding portions of the objects taken out of the cleaning means in the air. By using a specific scheme, metal bonding portions after the plasma cleaning can be bonded in the air, thereby significantly simplifying the bonding step and the whole device and lowering the cost.

(57) 要約: 基材の表面に金属接合部を有する被接合物同士を接合する装置であって、減圧下で金属接合部の表面に、金属接合部の接合される全表面で1.6 nm以上の深さのエッチングが可能なエネルギー以上でプラズマを照射する洗浄手段と、該手段から取り出した被

(続葉有)

WO 2004/030076 A1



中 4 丁目 1 番 1 号 Kanagawa (JP). 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒571-8501 大阪府 門真市 大字門真 1 0 0 6 番地 Osaka (JP). 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都 千代田区 丸の内二丁目 2 番 3 号 Tokyo (JP). ローム株式会社 (ROHM CO., LTD.) [JP/JP]; 〒615-8585 京都府 京都市 右京区西院 清崎町 2 1 番地 Kyoto (JP).

(71) 出願人 および

(72) 発明者: 須賀 唯知 (SUGA, Tadatomo) [JP/JP]; 〒153-8904 東京都 目黒区 駒場 4-6-1 東京大学先端科学技術研究センター内 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 伊藤 寿浩 (ITO, Toshihiro) [JP/JP]; 〒153-8904 東京都 目黒区 駒場 4-6-1 東京大学先端科学技術研究センター内 Tokyo (JP). 山内 朗 (YAMAUCHI, Akira) [JP/JP]; 〒520-2141 滋賀県 大津市 大江一丁目 1 番 4 5 号 東レエンジニアリング株式会社内 Shiga (JP).

(74) 代理人: 伴 俊光 (BAN, Toshimitsu); 〒160-0023 東京都 新宿区 西新宿 8 丁目 1 番 9 号 シンコービル 伴国際特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KB, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

接合物の金属接合部同士を大気中で接合する接合手段とを有する接合装置、および接合方法。特定の手法を採用することにより、プラズマ洗浄後の金属接合部同士の接合を大気中で行うことが可能になり、大幅な接合工程の簡素化、装置全体の簡素化、コストダウンをはかることができる。

## 明 細 書

### 接合装置および方法

#### 技 術 分 野

本発明は、チップやウエハー、各種回路基板等の、基材の表面に金属接合部を  
5 有する被接合物同士を接合する接合装置および方法に関する。

#### 背 景 技 術

接合部を有する被接合物同士を接合する方法として、日本国特許第 2 7 9 1 4  
2 9 号公報には、シリコンウエハーの接合面同士を接合するに際し、接合に先立  
って室温の真空中で不活性ガスイオンビームまたは不活性ガス高速原子ビームを  
10 照射してスパッタエッチングする、シリコンウエハーの接合法が開示されている。  
この接合法では、シリコンウエハーの接合面における酸化物や有機物等が上記の  
ビームで飛ばされて活性化された原子で表面が形成され、その表面同士が、原子  
間の高い結合力によって接合される。したがって、この方法では、基本的に、接  
合のための加熱を不要化でき、活性化された表面同士を単に接触させるだけで、  
15 常温またはそれに近い低温での接合が可能になる。

しかし、この接合法では、エッチングされた接合面同士の接合は、真空中にて、  
表面活性化の状態を維持したまま行われなければならない。そのため、上記ビー  
ムによる表面洗浄から接合に至るまで、所定の真空状態に保たなければならない、  
とくに接合のための機構の少なくとも一部を所定の真空度に保持可能なチャンバ  
20 内に構成しなければならないためシール機構が大がかりになり、装置全体が大型  
かつ高価なものになる。また、上記ビームによる表面洗浄と接合の工程を分ける  
ためにこれらを別の箇所で行おうとすると、両箇所間にわたって所定の真空状態  
に保つことや、該真空状態に保ったまま被接合物を洗浄箇所から接合箇所に搬送  
する手段が必要になり、現実的な装置設計が難しくなるとともに、さらに装置全  
25 体の大型化を招く。

#### 発 明 の 開 示

そこで本発明者らは、上記問題点に鑑み、上記のような接合面の表面活性化に  
よる接合における利点を最大限確保しつつ、とくに接合段階の簡素化をはかるべ  
く鋭意検討、実験を行った結果、被接合物の金属接合部同士の接合を大気中で行

うことに成功した。

すなわち、本発明の目的は、特定の手法により被接合物の金属接合部を洗浄するとともに、洗浄後の接合を大気中で行えるようにし、とくに接合工程の簡素化、装置全体の簡素化、コストダウンをはかることにある。

- 5   上記目的を達成するために、本発明に係る接合装置は、基材の表面に金属接合部を有する被接合物同士を接合する装置であって、減圧下で前記金属接合部の表面に、前記金属接合部の接合される全表面で1.6 nm以上の深さのエッチングが可能なエネルギー以上でプラズマを照射する洗浄手段と、該手段から取り出した被接合物の金属接合部同士を大気中で接合する接合手段とを有することを特徴とするものからなる。
- 10

- この接合装置においては、上記接合手段が加熱手段を有し、180℃以下好ましくは150℃未満の温度で金属接合部同士を接合する手段からなることが好ましい。加熱なしに常温で接合できることが望ましいのであるが、加熱により、接合のための原子の動きがより活発になり、かつ、接合面がより軟らかくなって接合面間の微小隙間をより良好に閉じやすくなると考えられるので、加熱を併用することが好ましい場合もある。ただし、たとえ加熱を行うとしても、180℃以下好ましくは150℃未満の温度の加熱でよいので、装置的な負担は小さくて済む。すなわち、従来、低温で金属接合する一般例はハンダであり、ハンダの融点である183℃以上に加熱する必要があったが、本発明ではそれ以下の(180℃以下好ましくは150℃未満の)温度で接合が可能となる。特に、金属接合部が金である場合には、100℃以下での接合が可能となる。
- 15
- 20

- また、この接合装置においては、接合される両金属接合部の表面がともに金からなることが好ましい。金属接合部を形成する電極等の全体を金で構成することもできるが、表面だけを金で構成することもできる。表面を金で構成するための形態はとくに限定されず、金めっきの形態や金薄膜をスパッタリングや蒸着等により形成した形態を採用すればよい。
- 25

本発明に係る接合装置では、上記洗浄手段は、プラズマ照射において金属接合部の接合される全表面で1.6 nm以上の深さのエッチングが可能なエネルギー以上でプラズマ照射する手段からなる。このようなエッチングエネルギー以上で

のプラズマ照射により、金属接合部同士を大気中で接合するに必要な表面エッチングを行うことが可能になる。また、洗浄手段としては、プラズマ強度の制御が容易でかつ所定のプラズマを必要な箇所に効率よく発生させることができる、Arプラズマ照射手段が好適である。

- 5 上記接合手段としては、金属接合部同士の接合時の隙間のばらつきを最大4  $\mu$ m以下にする手段からなることが好ましい。隙間のばらつきが4  $\mu$ m以下であれば、適切な接合荷重で、金属接合部同士の接合のために必要な隙間のばらつき以下に抑えることが可能となる。

- また、上記接合手段として、適切な接合荷重印加により、少なくとも一方の金属接合部の接合後の表面粗さを10 nm以下にする手段からなることが好ましい。表面粗さが10 nm以下とされれば、低温、たとえば常温での接合が可能となる。また、このような10 nm以下の接合後表面粗さを達成するためには、接合前の表面粗さも過大にならないようにしておく必要があり、たとえば、少なくとも一方の金属接合部の接合前の表面粗さを100 nm以下としておくことが好ましい。

- 15 接合荷重としては、たとえばパンプが壊れたりパンプに過大な変形が生じたりしないようするために、特にパンプ下の回路に悪影響を与えないようにするために、実用的に適切な値以下に抑えることが好ましい。すなわち、上記接合手段が、たとえば300 MPa以下の接合荷重で金属接合部同士を接合する手段からなることが好ましい。一般的に、半導体の回路が耐え得る応力は300 MPaと考えられていたので、接合荷重を300 MPa以下とすることで、上記のような不都合の発生の回避が可能となる。

- また、金属接合部同士の接合に際し、表面同士が良好に密着できるように、金属接合部の表面硬度がビッカース硬度Hvで100以下とされていることが好ましい。たとえば、表面硬度Hvを30～70の範囲内（たとえば、平均Hvを50）とすることが好ましい。このような低硬度としておくことで、接合荷重印加時に金属接合部の表面が適当に変形し、より密接な接合が可能となる。

また、本発明に係る接合装置においては、接合面の所定領域全面にわたって所定の電気的接続を達成するために、接合時の良好な平行度が重要な要素となる。そのため、上記接合手段としては、金属接合部同士の接合時の基材間の接合領域

における平行度を  $4\text{ }\mu\text{m}$  以下（レンジで  $4\text{ }\mu\text{m}$  以下）に調整可能な手段からなることが好ましい。

また、少なくとも一方の金属接合部が複数のパンプによって形成されている場合には、パンプ高さのばらつきが  $4\text{ }\mu\text{m}$  以下（レンジで  $4\text{ }\mu\text{m}$  以下）であることが好ましい。これによって、前述の如く、金属接合部同士の接合時の隙間のばらつきを最大  $4\text{ }\mu\text{m}$  以下に抑えることが可能となる。

本発明に係る接合方法は、基材の表面に金属接合部を有する被接合物同士を接合するに際し、減圧下で前記金属接合部の表面を、前記金属接合部の接合される全表面で  $1.6\text{ nm}$  以上の深さにエッチングするようにプラズマ処理した後、大気中で金属接合部同士を接合することを特徴とする方法からなる。

この接合方法においても、 $180^{\circ}\text{C}$  以下好ましくは  $150^{\circ}\text{C}$  未満で金属接合部同士を接合することが好ましい。また、表面がともに金からなる金属接合部同士を接合する形態を採用できる。

また、上記プラズマ処理においては、金属接合部同士を大気中で接合するに必要な表面エッチングを行うために、金属接合部の接合される全表面で  $1.6\text{ nm}$  以上の深さにエッチングする。プラズマ処理としては、 $\text{Ar}$  プラズマ処理を採用できる。

また、金属接合部同士の接合時に、金属接合部間の隙間のばらつきを最大  $4\text{ }\mu\text{m}$  以下にすることが好ましい。さらに、少なくとも一方の金属接合部の接合後の表面粗さを  $10\text{ nm}$  以下にすることが好ましい。少なくとも一方の金属接合部の接合前の表面粗さとしては、 $100\text{ nm}$  以下にしておくことが好ましい。

接合荷重に関しては、 $300\text{ MPa}$  以下の接合荷重で金属接合部同士を接合することが好ましい。また、金属接合部の表面硬度は  $\text{Hv}$  で  $100$  以下にすることが好ましい。

さらに、金属接合部同士の接合時の基材間の接合領域における平行度を  $4\text{ }\mu\text{m}$  以下にすることが好ましい。少なくとも一方の金属接合部が複数のパンプによって形成されている場合には、パンプ高さのばらつきが  $4\text{ }\mu\text{m}$  以下であることが好ましい。

本発明はまた、上記のような接合方法により作製された接合体も提供する。す

なわち、本発明に係る接合体は、基材の表面に金属接合部を有する被接合物同士の接合体であって、減圧下で前記金属接合部の表面が、前記金属接合部の接合される全表面で1.6 nm以上の深さにエッチングされるようにプラズマ処理された後、大気中で金属接合部同士が接合されることによって作製されたことを特徴とするものからなる。

上記接合体においては、接合された被接合物の少なくとも一方が半導体からなる構成とすることができる。

上記のような本発明に係る接合装置および方法においては、所定の減圧下で被接合物の金属接合部の表面が、1.6 nm以上の深さにエッチングされるようにプラズマ処理された後、エッチングにより洗浄され活性化された金属接合部同士が大気中で接合される。大気中での接合が可能となるので、接合のために大がかりな真空装置やそのためのシール装置等が不要になり、工程全体、装置全体として大幅に簡素化され、コストダウンも可能となる。

この大気中での接合は、現実には、後述の実施例に示すように、所定のエッチングエネルギー以上でのプラズマ照射による表面洗浄、活性化に加え、金属接合部同士の接合時の隙間のばらつきを小さく抑え、さらに、金属接合部の表面粗さや表面硬度、接合荷重等を適切な範囲に設定し、これら諸条件が組み合わされることによって達成できたものである。

このように、本発明に係る接合装置および方法によれば、後述の如く、各種条件を適切に設定し、本発明に係る特定の手法を採用することにより、プラズマ洗浄後の金属接合部同士の接合を大気中で行うことが可能になり、これによって大幅な接合工程の簡素化、装置全体の簡素化、コストダウンをはかることができる。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明の一実施態様に係る接合装置の概略構成図である。

図2は、試験に用いた被接合物としての基板を示し、図2Aはその全体の平面図、図2Bは多数のバンプが形成された中心部の拡大平面図、図2Cは配設されたバンプ群の部分拡大斜視図である。

図3は、試験に用いた被接合物としてのチップの平面図である。

図4は、プラズマ照射時間と接続抵抗との関係図である。

図 5 は、プラズマ照射時間とダイシエ強度との関係図である。

図 6 は、1 パンプ当りの接合荷重と接続抵抗との関係図である。

図 7 は、1 パンプ当りの接合荷重とダイシエ強度との関係図である。

〔符号の説明〕

- 5     1   接合装置
- 2、3   金属接合部
- 4、5   被接合物
- 6   真空ポンプ
- 7   チャンバ
- 10    8   プラズマ照射手段
- 9   プラズマ
- 10   Ar ガス供給ポンプ
- 11   接合部
- 12   待機部
- 15    13   反転機構
- 14   反転機構のヘッド部
- 15   ボンディングヘッド
- 16   ボンディングツール
- 17   ボンディングステージ
- 20    18   加熱手段としてのヒータ
- 19   シリンダー機構
- 20   上下方向ガイド
- 21   昇降装置
- 22   位置調整テーブル
- 25    23   2 視野の認識手段
- 25   接合体
- 31   被接合物としての基板
- 32   パンプ
- 33   被接合物としてのチップ



### 発明を実施するための最良の形態

以下に、本発明の望ましい実施の形態を、図面を参照しながら説明する。

図1は、本発明の一実施態様に係る接合装置1を示している。基材の表面に金属接合部2または3を有する被接合物4または5は、まず、真空ポンプ6により減圧され所定の真空度にされたチャンバ7内で、洗浄手段としてのプラズマ照射手段8から照射されたプラズマ9によって金属接合部2、3の表面がエッチングにより洗浄される（洗浄工程）。この洗浄工程では、金属接合部2、3の接合される全表面で1.6 $\mu$ m以上の深さのエッチングが可能なエネルギー以上でプラズマ処理される。そして本実施態様では、ポンプ10によりチャンバ7内にArガスを供給できるようになっており、Arガス雰囲気下でかつ所定の減圧下にてプラズマ照射できるようになっている。洗浄された被接合物4、5は、チャンバ7内から取り出され、接合工程（接合部11）にて、金属接合部2、3同士が大気中で接合される。

なお、上記被接合物4は、たとえばチップからなり、被接合物5は、例えば基板からなる。ただし、ここでチップとは、たとえば、ICチップ、半導体チップ、光素子、表面実装部品、ウエハー、TCPやFPCなど種類や大きさに関係なく基板と接合される側の全ての形態のものを指す。また、基板とは、たとえば、樹脂基板、ガラス基板、フィルム基板、チップ、ウエハーなど種類や大きさに関係なくチップと接合される側の全ての形態のものを指す。本発明における代表的な態様として、接合される被接合物の少なくとも一方が半導体からなる態様を挙げることができる。

接合部11では、たとえば、所定の待機部12に、上記洗浄された被接合物4、5が載置される。被接合物4は、反転機構13のヘッド部14に、洗浄面に触れないように、吸着等により保持され、上下反転された後、ボンディングヘッド15の下部に設けられたボンディングツール16に、金属接合部2が下方に向けられた形態で吸着等によって保持される。被接合物5は、たとえば、ボンディングステージ17上に、金属接合部3が上方に向けられた形態で吸着等によって保持される。本実施態様では、ボンディングツール16に加熱手段としてのヒータ18が内蔵されており、大気中にて、常温下での接合、加熱下での接合のいずれも

可能となっている。

ボンディングヘッド15には、シリンダー機構19が組み込まれており、ボンディングツール16に保持されている被接合物4に、下方に向けての、つまり、被接合物5に対して、所定の接合荷重を印加、コントロールできるようになっている。本実施態様では、ボンディングヘッド15は、上下方向ガイド20に沿って、昇降装置21（たとえば、サーボモータおよびボールネジ機構を備えた装置）により上下方向（Z方向）に移動および位置決めできるようになっている。

また、上記被接合物5を保持しているボンディングステージ17は、本実施態様では、下部に設けられている位置調整テーブル22による、X、Y方向の水平方向位置制御、 $\theta$ 方向の回転方向位置制御、および、X軸、Y軸周りの傾き調整制御により、被接合物4との間の相対位置合わせおよび平行度調整を行うことができるようになっており、金属接合部同士の接合時の隙間のばらつきを小さく抑えることもできるようになっている。この相対位置合わせおよび平行度調整は、被接合物4、5間に進退可能に挿入される認識手段、たとえば2視野の認識手段23（たとえば、2視野カメラ）により、被接合物4、5あるいはそれらの保持手段に付された認識マーク（図示略）を読み取り、読み取り情報に基づいて位置や角度の必要な修正を行うことにより、実施される。2視野の認識手段23は、X、Y方向、場合によってはZ方向への位置調整が可能となっている。この相対位置合わせおよび平行度調整は、本実施態様では主としてボンディングステージ17側で行われるが、ボンディングヘッド15またはボンディングツール16側で行うようにすることも可能であり、両側で行うことも可能である。両側で行う場合には、必要に応じて、ボンディングヘッド15側については昇降制御だけでなく回転制御および／または平行移動制御を行い、ボンディングステージ17側についても回転制御、平行移動制御および昇降制御などを行うことができ、これら制御形態は必要に応じて任意に組み合わせることが可能である。

また本実施態様では、被接合物4、5が接合された接合体25も、待機部12上に一旦載置されるようになっており、そこから図示を省略した適当な搬送機構により、次の工程あるいはストック箇所へと搬送されるようになっている。

実 施 例

上記のような接合装置を用いて、本発明に係る接合方法について、以下のような試験を行った。試験に用いた被接合物 5 としての基板 3 1 は、図 2 に示すものであり、図 2 A は基板 3 1 全体の平面図を、図 2 B は多数のバンプが形成された中心部の拡大図を、図 2 C は配設されたバンプ 3 2 群の部分拡大斜視図を、それぞれ示している。試験に用いた被接合物 4 としてのチップ 3 3 は、図 3 に示すものであり、基板の中心部のバンプ 3 2 群に対応させて所定の回路パターンが形成されたものである。

これら基板およびチップのサンプル仕様は以下の通りである。

- ・基板：S i 基板、A l パッド上に A u めっきバンプを形成したもの
- 10 基板サイズ：2 0 m m × 2 0 m m、バンプ形成領域：中心部 4 m m × 4 m m 内  
バンプサイズ：4 0 μ m × 4 0 μ m × 高さ 3 0 μ m ( 8 0 μ m ピッチ)、  
バンプ数：4 0 0 個 ( バンプパターンは図 2 ( B ) 参照)
- ・チップ：S i 熱酸化基板上、A u スパッタ膜 ( A u - 0 . 3 μ m / C r - 0 . 1 μ m )
- 15 サイズ：6 m m × 6 m m、( パターン形成領域：中心部 4 m m × 4 m m 内)  
3 端子測定用に L 型電極パターン形成 ( 後述の抵抗値としては、L 字角部における接続抵抗を測定、各辺 1 0 × 4 )

以下の条件で、短時間のプラズマ照射による金属接合部の表面活性化効果について、プラズマ照射による表面洗浄後、窒素雰囲気中での接合、および、大気中  
20 での接合の比較試験を行い、各々の雰囲気中での接合におけるプラズマ照射時間の影響を、平均接続抵抗およびダイシェア強度にて測定した。なお、大気中での接続については、プラズマ照射後 3 . 5 分放置した後接合を行ったものと、1 5 分放置した後接合を行ったものについて試験した。結果を表 1、表 2、図 4、図 5 に示す。

25 プラズマ照射の効果確認試験の条件：

- ・プラズマ投入電力：1 0 0 W
- ・A r 流量 3 0 c c m
- ・A r 導入時の真空度：1 0 P a
- ・照射時の真空度：7 . 5 P a 以下

- ・接合荷重：20 kgf (50 gf / バンプ, 300 MPa)
- ・荷重印加時間：1 秒
- ・接合温度：100℃ (373 K)
- ・チップ内の電極の高さのばらつき最大値：2.3  $\mu$ m
- 5 ・S i 基板内のバンプの高さのばらつき最大値：3.0  $\mu$ m

〔表 1〕

照射時間によるダイシェア強度の変化 (gf)

電力 (W)	雰囲気	露出量 (分)	照射時間 (秒)					
			0	3	5	10	30	60
100	大気	3.5	258	—	7058	6595	6008	7406
100	窒素	3.5	252	1035	5587	5896	6507	5427
100	窒素	15	—	—	—	5510	6373	—
100	大気	15	—	—	—	5730	5212	—
15 50	大気	3.5	241	3550	5855	—	—	—

〔表 2〕

照射時間による抵抗値の変化 (m $\Omega$ )

電力 (W)	雰囲気	露出量 (分)	照射時間 (秒)			
			5	10	30	60
100	大気	3.5	7.28	6.57	6.72	6.90
50	大気	3.5	6.84	—	—	—
100	窒素	3.5	6.94	6.4	6.1	6.92
25 100	窒素	15	—	6.86	6.70	—
100	大気	15	—	6.40	6.48	—

表 2、図 4 に示すように、プラズマ照射後 15 分放置後に大気中で接合した場合でも、窒素中接合と同等の接合が可能であり、十分に良好な接合を大気中で行

うことが可能であることを確認できた。また、表1、図5に示すように、プラズマ照射としては5秒程度以上行えば十分であることが確認できた。

また、プラズマ照射と、接合される表面としてのAuめっきパンプ表面におけるエッチング深さとの関係を調べた結果、プラズマ投入電力50Wの場合、約20nm/分、100Wの場合、約30nm/分であった。いずれの投入電力の場合も、上述の如く5秒程度以上のプラズマ照射で、大気中での接合が可能であった。したがって、大気中での接合を可能とするエッチング深さとしては、 $20\text{ nm} \times [5\text{ 秒} / 60\text{ 秒}] = 1.6\text{ nm}$ 以上あればよいことが確認できた。

また、表3、表4および図6、図7に、接合温度をパラメータとして、1パンプ当たりの接合荷重と得られた接続抵抗およびダイシェア強度との関係を示す。条件は、大気中接合、荷重印加時間：1秒、プラズマ投入電力：100W、照射時間：30秒、照射後の放置（露出）時間：3.5分で、他の条件は前述したのと同じである。

〔表3〕

荷重による抵抗値の変化 (mΩ)

温 度	荷 重 (k g f)		
	10	20	30
300K(27℃)	—	7.28	6.28
373K(100℃)	9.55	6.72	5.58
423K(150℃)	9.65	6.47	5.15

〔表 4〕

荷重によるダイシエ強度の変化 (g f)

温 度	荷 重 (k g f)		
	10	20	30
300K(27℃)	3151	5626	5984
373K(100℃)	3656	6595	6406
423K(150℃)	4626	6366	8406

- 5
- 10      1 バンプ当たりの接合荷重が 50 g f 以下でも、十分に実用的な低抵抗での接続状態を得ることが可能であり、ダイシエ強度も十分であり、かつ、100℃(373 K) 以下で、あるいは、常温(27℃、300 K) 付近でも、十分に実用的な接続状態を得ることが可能であることを確認できた。

- さらに、表 5 に、1 バンプ当たりの接合荷重と接合後のバンプ表面粗さとの関係を示す。この接合後のバンプ表面粗さは、実際に接合してしまうと測定が困難であるので、模擬的にプラズマ照射を行わずに、接合荷重を加え、その接合荷重によるバンプ表面の押圧変形後の表面粗さを測定したものである。十分に低抵抗での接続状態を得るためには、10 nm 以下の接合後バンプ表面粗さが好ましいと考えられる。これを達成するためには、表 5 から、20 kg f 程度の荷重を加えれば十分であり、それ以下でも可能であることが分かるが、この値は、1 バンプ当たりの 50 g f の接合荷重に相当している。したがって、1 バンプ当たりの 50 g f 以下の接合荷重でも、10 nm 以下の接合後バンプ表面粗さを達成可能であることが分かる。つまり、300 MPa 以下の接合荷重でも可能である。ただし、押圧後このような 10 nm 以下のバンプ表面粗さを達成するためには、接合前
- 15
- 20
- 25      のバンプ表面粗さが 100 nm 以下であることが好ましい。

〔表 5〕

パンプの表面粗さの変化 (nm)

5	温 度	荷 重 (k g f)				
		0	5	10	20	30
	300K(27℃)	—	137	82	6	5
	373K(100℃)	—	145	76	5	4

- 上記のような試験により、本発明では、各種条件を適切に設定することにより、
- 10 プラズマ照射後、大気中での接合が可能であることを確認できた。

#### 産 業 上 の 利 用 可 能 性

本発明に係る接合装置および方法は、金属接合部を有する被接合物同士のあらゆる接合に適用でき、とくに少なくとも一方の被接合物が半導体である場合の接合に好適である。

15

20

25

## 請求の範囲

1. 基材の表面に金属接合部を有する被接合物同士を接合する装置であって、減圧下で前記金属接合部の表面に、前記金属接合部の接合される全表面で1.6 nm以上、5 m以上の深さのエッチングが可能なエネルギー以上でプラズマを照射する洗浄手段と、該手段から取り出した被接合物の金属接合部同士を大気中で接合する接合手段とを有することを特徴とする接合装置。
2. 前記接合手段が加熱手段を有し、180℃以下で金属接合部同士を接合する手段からなる、請求項1の接合装置。
3. 接合される両金属接合部の表面がともに金からなる、請求項1の接合装置。
4. 前記洗浄手段がArプラズマ照射手段からなる、請求項1の接合装置。
5. 前記接合手段が、金属接合部同士の接合時の隙間のばらつきを最大4 μm以下にする手段からなる、請求項1の接合装置。
6. 前記接合手段が、少なくとも一方の金属接合部の接合後の表面粗さを10 nm以下にする手段からなる、請求項1の接合装置。
7. 少なくとも一方の金属接合部の接合前の表面粗さが100 nm以下とされている、請求項1の接合装置。
8. 前記接合手段が、300 MPa以下の接合荷重で金属接合部同士を接合する手段からなる、請求項1の接合装置。
9. 金属接合部の表面硬度がピッカース硬度H<sub>v</sub>で100以下とされている、請求項1の接合装置。



10. 前記接合手段が、金属接合部同士の接合時の基材間の接合領域における平行度を  $4\text{ }\mu\text{m}$  以下に調整可能な手段からなる、請求項1の接合装置。

11. 少なくとも一方の金属接合部が複数のパンプによって形成されている、請求項1の接合装置。

12. パンプ高さのばらつきが  $4\text{ }\mu\text{m}$  以下である、請求項11の接合装置。

13. 基材の表面に金属接合部を有する被接合物同士を接合するに際し、減圧下で前記金属接合部の表面を、前記金属接合部の接合される全表面で  $1.6\text{ nm}$  以上の深さにエッチングするようにプラズマ処理した後、大気中で金属接合部同士を接合することを特徴とする接合方法。

14.  $180^{\circ}\text{C}$  以下で金属接合部同士を接合する、請求項13の接合方法。

15. 表面がともに金からなる金属接合部同士を接合する、請求項13の接合方法。

16. Ar プラズマ処理する、請求項13の接合方法。

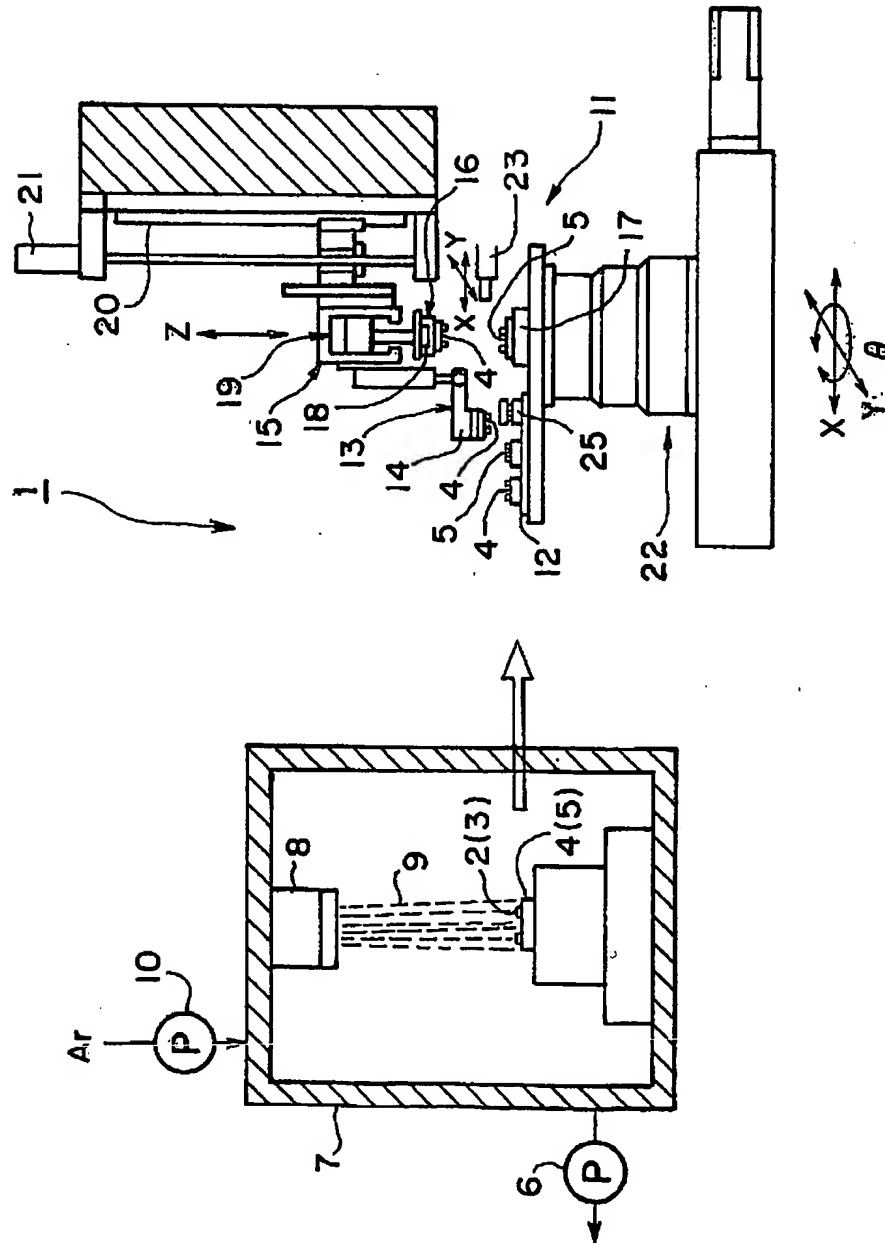
17. 金属接合部同士の接合時に、金属接合部間の隙間のばらつきを最大  $4\text{ }\mu\text{m}$  以下にする、請求項13の接合方法。

18. 少なくとも一方の金属接合部の接合後の表面粗さを  $10\text{ nm}$  以下にする、請求項13の接合方法。

19. 少なくとも一方の金属接合部の接合前の表面粗さを  $100\text{ nm}$  以下にする、請求項13の接合方法。

20. 300 MPa以下の接合荷重で金属接合部同士を接合する、請求項13の接合方法。
21. 金属接合部の表面硬度をビッカース硬度H<sub>v</sub>で100以下にする、請求項13の接合方法。
22. 金属接合部同士の接合時の基材間の接合領域における平行度を4 μm以下にする、請求項13の接合方法。
23. 少なくとも一方の金属接合部が複数のバンプによって形成されている、請求項13の接合方法。
24. バンプ高さのばらつきが4 μm以下である、請求項23の接合方法。
25. 基材の表面に金属接合部を有する被接合物同士の接合体であって、減圧下で前記金属接合部の表面が、前記金属接合部の接合される全表面で1.6 nm以上の深さにエッチングされるようにプラズマ処理された後、大気中で金属接合部同士が接合されることによって作製されたことを特徴とする接合体。
26. 前記接合された被接合物の少なくとも一方が半導体からなる、請求項25の接合体。

FIG.1



BEST AVAILABLE COPY

FIG.2C

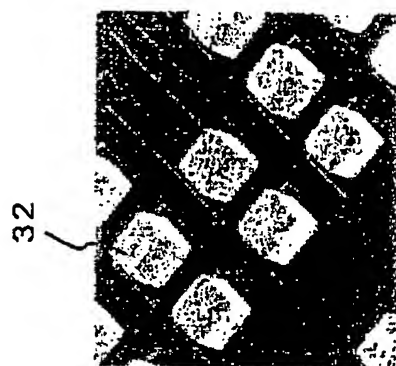


FIG.2B

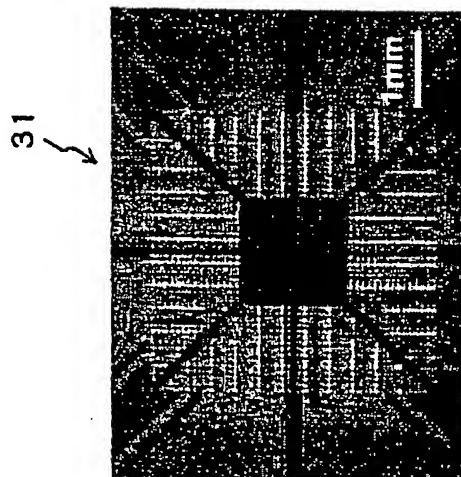
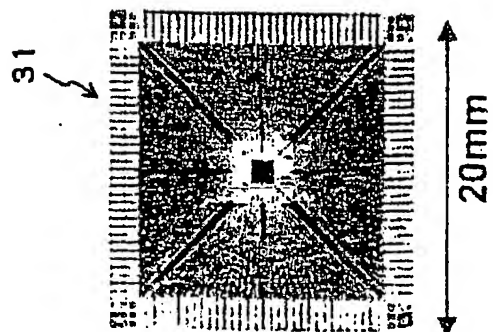


FIG.2A



3/5

FIG. 3

BEST AVAILABLE COPY

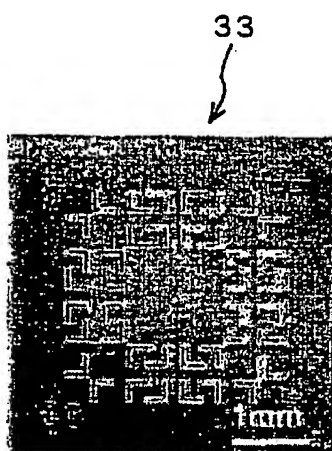
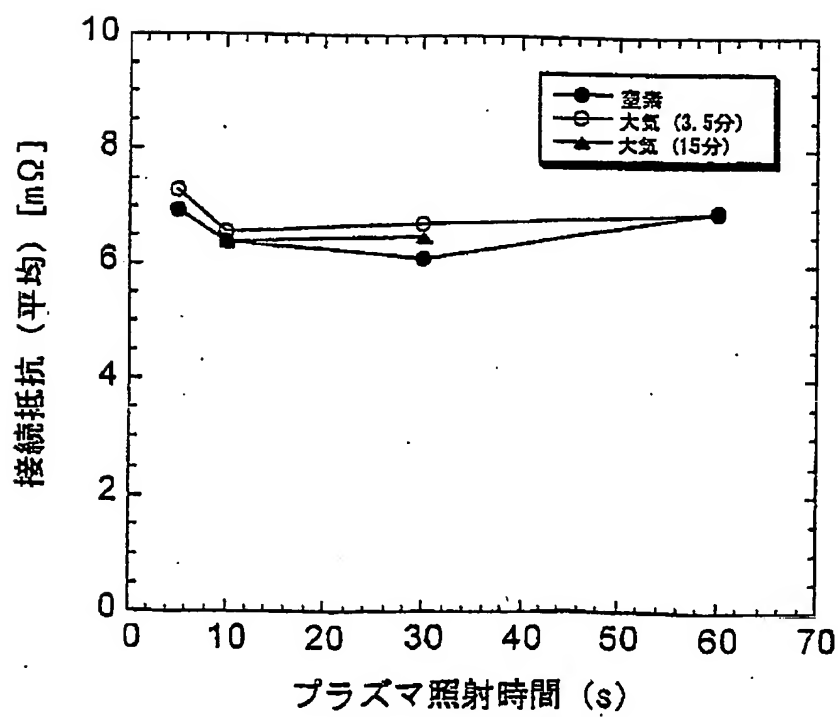


FIG. 4



4/5

FIG.5

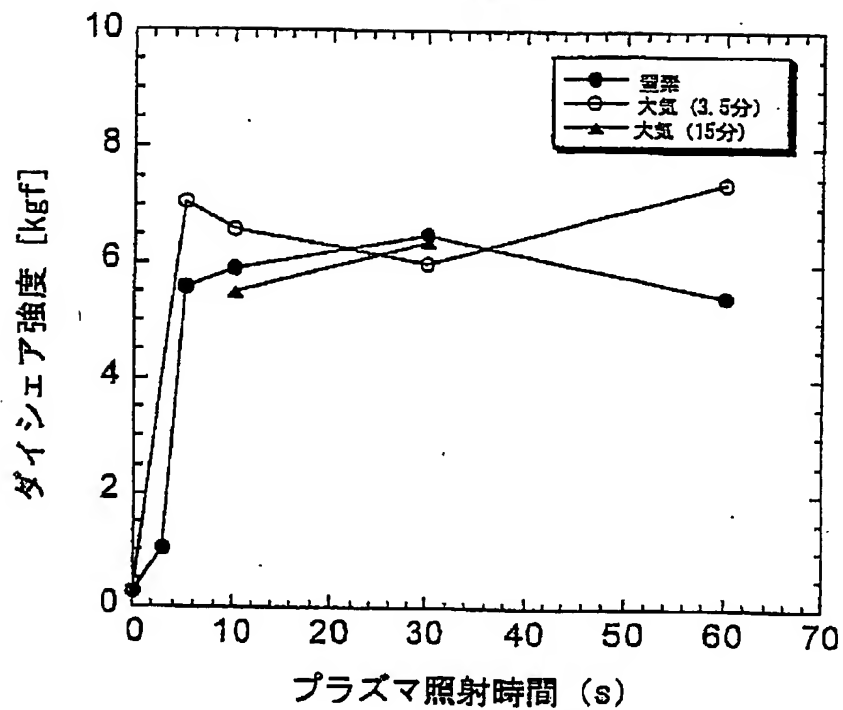
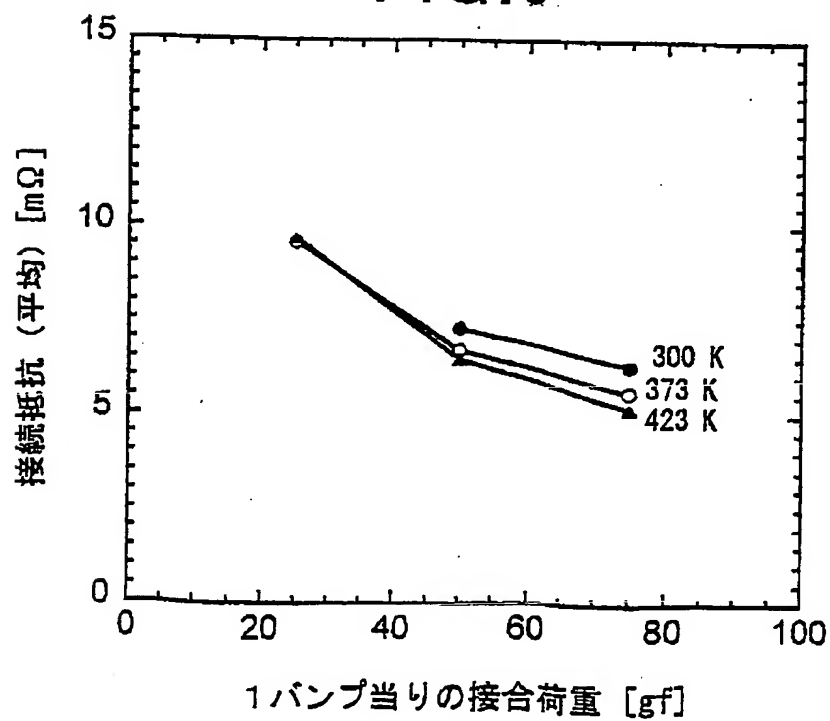
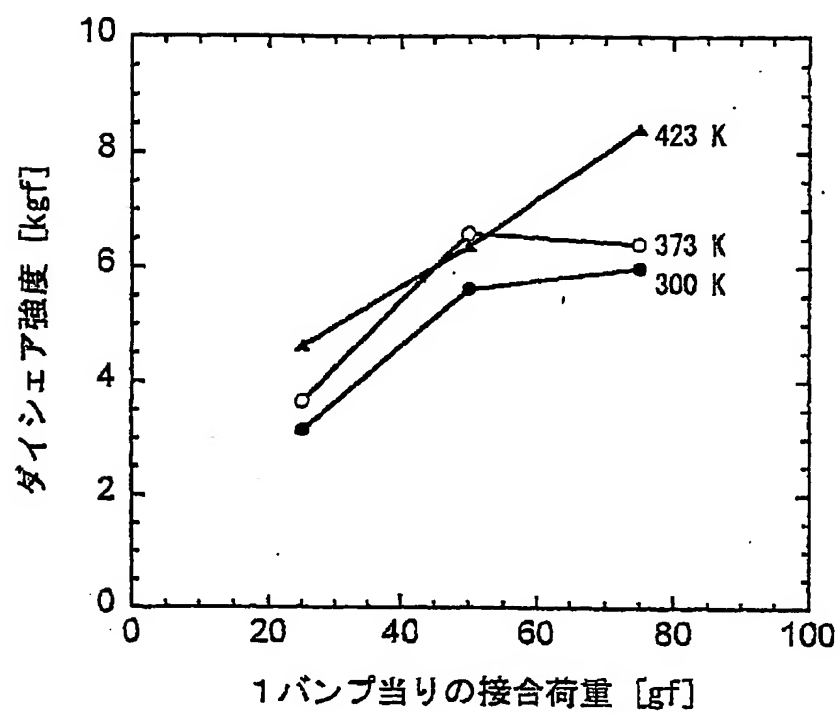


FIG.6



5/5

FIG.7



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/12070

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/60, B23K20/24, H05K3/34

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/60, B23K20/24, H05K3/34

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 11-340614 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 10 December, 1999 (10.12.99), Full text; Figs. 1 to 7 (Family: none)	1,2,4-14, 16-26 3,15
Y A	JP 5-235061 A (Hitachi, Ltd.), 10 September, 1993 (10.09.93), Par. Nos. [0027], [0040]; Figs. 3, 13 & JP 3207506 B2	1,2,4-14, 16-26 3,15
Y	JP 2001-259884 A (Aiwa Co., Ltd.), 25 September, 2001 (25.09.01), Par. No. [0006] (Family: none)	2,14

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
27 October, 2003 (27.10.03)Date of mailing of the international search report  
11 November, 2003 (11.11.03)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/12070

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2001/0001428 A1 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.), 24 May, 2001 (24.05.01), Par. No. [0082] & JP 2000-077569 A Par. No. [0096] & US 6218736 B1	5,17
Y	JP 6-338535 A (Kabushiki Kaisha Sonikkusu), 06 December, 1994 (06.12.94), Par. Nos. [0024] (Family: none)	9,21
Y	JP 2001-110850 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.), 20 April, 2001 (20.04.01), Par. No. [0020] (Family: none)	10,22
Y	JP 2001-044606 A (Hitachi, Ltd.), 16 February, 2001 (16.02.01), Par. No. [0017] (Family: none)	12,24

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl<sup>1</sup> H01L21/60, B23K20/24, H05K3/34

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl<sup>1</sup> H01L21/60, B23K20/24, H05K3/34

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	JP 11-340614 A(松下電器産業株式会社)1999.12.10, 全文, 図1-7 (ファミリーなし)	1, 2, 4-14, 16-26 3, 15
Y A	JP 5-235061 A(株式会社日立製作所)1993.09.10, 【0027】, 【0040】, 図3, 図13 & JP 3207506 B2	1, 2, 4-14, 16-26 3, 15
Y	JP 2001-259884 A(アイワ株式会社)2001.09.25, 【0006】 (ファミリーなし)	2, 14

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

27.10.03

国際調査報告の発送日

11.11.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

市川 篤



4R

9544

電話番号 03-3581-1101 内線 3469

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	US 2001/0001428 A1 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD) 2001.05.24, [0082] & JP 2000-077569 A, 【0096】 & US 6218736 B1	5, 17
Y	JP 6-338535 A (株式会社ソニックス) 1994.12.06, 【0024】 (ファミリーなし)	9, 21
Y	JP 2001-110850 A (松下電器産業株式会社) 2001.04.20, 【0020】 (ファミリーなし)	10, 22
Y	JP 2001-044606 A (株式会社日立製作所) 2001.02.16, 【0017】 (ファミリーなし)	12, 24